CNRC·NRC

Installations de recherche sur les turbines à gaz

Pour la recherche, le développement, la mise à l'essai et la certification de la prochaine génération de moteurs et de composants

Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

Canada

Conseil national de recherches du Canada

Le CNRC fournit des solutions technologiques de pointe aux secteurs de l'aérospatiale, des transports et de l'énergie, grâce à de nombreuses initiatives qui donnent lieu à des applications civiles et militaires. Les installations uniques, l'expertise et les capacités de gestion des risques liés à la technologie du CNRC permettent à ses clients de faire figure de chef de file à l'échelle mondiale et leur garantissent un avantage concurrentiel sur le marché.

À propos du CNRC

Le CNRC collabore avec les constructeurs d'origine d'aéronefs et de turbomoteurs à gaz industriels, ainsi que les fournisseurs de composants et les intégrateurs de systèmes, afin de développer et de valider des technologies qui pourront satisfaire aux exigences les plus rigoureuses en matière d'environnement, de sécurité, de réduction des coûts, de rendement et de remplacement de carburants. Il collabore également avec les exploitants de flottes en vue de valider les performances moteur dans des environnements spéciaux, de les améliorer et d'optimiser les coûts de cycles de vie par des pratiques améliorées de maintenance, de réparation et d'exploitation axées sur la technologie.

Le CNRC recherche des géométries des conduites entre turbines plus agressives afin de réduire le poids des moteurs en employant des installations tel que le **banc d'essai de turbine subsonique**.

Un des nombreux **bancs d'essais spécialisés à haute-pression et à accès optique** du CNRC est utilisé pour étudier la combustion et le brouillard de carburant.

Avantage concurrentiel

L'innovation offre un avantage concurrentiel indéniable dans l'industrie aérospatiale actuelle, régie par la technologie et dominée par le savoir de pointe. L'innovation est au cœur des travaux que le CNRC mène sur les turbines à gaz servant aux secteurs de l'aérospatiale, des transports et de l'énergie.

Expertise et capacités

- Mesures de pointe en optique
- Carburants de remplacement pour l'aviation et production d'énergie
- Développement et évaluation de chambres de combustion et d'injecteurs de carburant
- Diagnostics, pronostics et gestion de la santé (DPGS)
- Aérodynamique de moteurs et de turbomachines
- Évaluation et certifications de performances moteur
- Formation, détection et atténuation de la glace
- Composants mécaniques et tribologie (lubrifiants, roulements et boîtes d'engrenages)

Nos partenaires

Le CNRC est à la recherche de clients et de partenaires souhaitant contribuer à la commercialisation de produits dans les secteurs de l'aérospatiale et de l'énergie. Il offre à des centaines d'entreprises et d'organisations partout dans le monde des services contractuels de recherche et de développement technologique, des services de consultation ainsi que des initiatives de mise à l'essai et d'étalonnage basées sur le principe de la rémunération à l'acte. Le CNRC élabore et transfère également des technologies dans le cadre de contrats de recherche conjointe et d'accords d'octroi de licences.

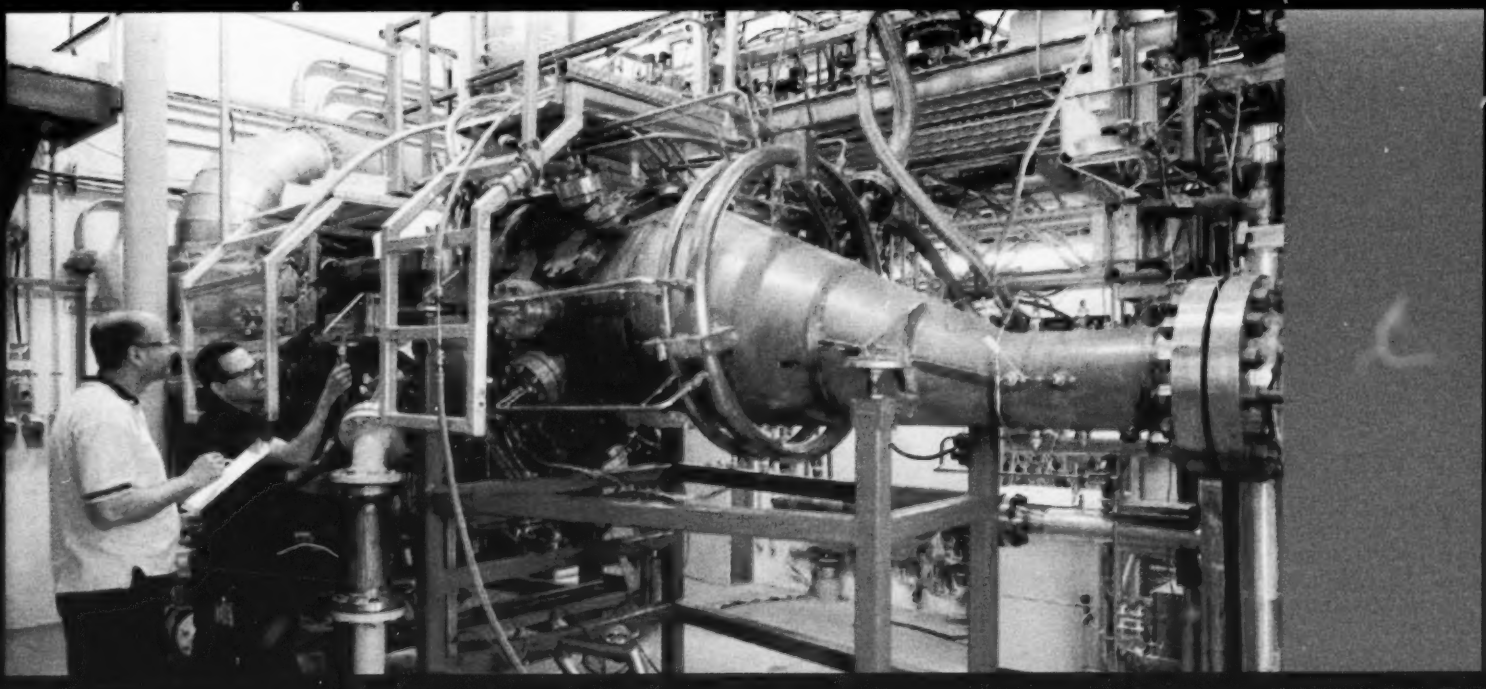
Tous nos clients et partenaires bénéficient de nombreux avantages, notamment :

- Accès à une infrastructure de recherche de classe mondiale et à une expertise unique
- Options de services personnalisés
- Intégrité et confidentialité des données
- Optimisation des possibilités de collaboration entre les partenaires de l'industrie et les organismes de réglementation nationaux et internationaux
- Accès à un réseau de fournisseurs en matière de recherche et de développement

Nos installations

Les installations du CNRC sont reconnues à l'échelle mondiale et offrent des plates formes rentables afin d'éliminer les risques liés aux nouvelles technologiques, d'améliorer les niveaux de préparation technologique et d'effectuer des essais de certification. Ses installations de pointe sont équipées de manière à pouvoir mener des essais conçus sur mesure qui satisfont aux exigences propres des produits et aux défis qu'ils présentent. Le CNRC anticipe les besoins et les défis de l'industrie en vue de déterminer les résultats visés sur lesquels reposeront la recherche et les priorités technologiques, ainsi que de prévoir les investissements à faire dans ses installations.

Les installations de recherche sur les turbines à gaz sont enregistrées selon la norme de qualité ISO 9001:2015, qui intègre tous les processus d'affaires et techniques essentiels. En outre, l'étalonnage de l'ensemble des instruments est traçable jusqu'à un étalon national ou international. Les clients du CNRC s'attendent à ce qu'il y a de mieux, et le CNRC ne leur offre rien de moins.



Une des **cellules d'essai pour turbines à gaz** du CNRC équipée du banc d'essai d'un client.

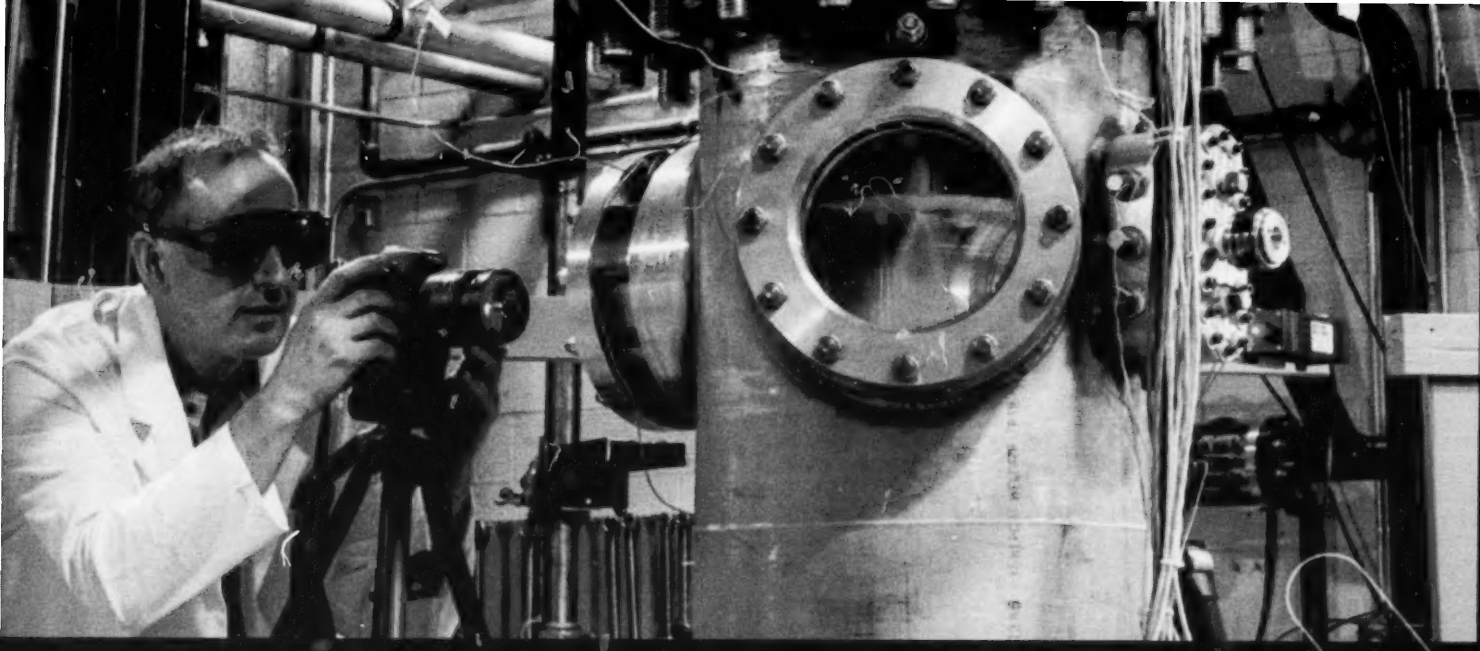
Combustion, carburants et émissions

Le CNRC compte de nombreuses installations d'essai de combustion et de pulvérisation pour appuyer la recherche, l'essai et la validation de circuits de combustion à faible émission et à polycombustible, et de buses de pulvérisation et d'injecteurs de carburant dans des conditions réalistes de fonctionnement à haute pression.

Pour appuyer le développement de systèmes de combustion au polycarburant ou au polycombustible, le CNRC peut accroître ses capacités classiques en matière de carburant (diesel, Jet A et gaz naturel) de manière à utiliser des carburants de remplacement. Le CNRC dispose d'installations pouvant fournir une alimentation sous pression d'hydrocarbures à concentrations plus fortes sous forme vaporisée (éthane, propane, butane, méthoxyméthane, etc.), ainsi que des matières inertes (dioxyde de carbone et azote) pour le dopage du gaz naturel, afin d'étudier les effets de la variabilité du carburant sur les performances de la chambre de combustion.

Une alimentation en carburants de remplacement (biodiesel, éthanol, combustibles synthétiques, etc.) peut également être fournie, grâce au raccordement de réservoirs mobiles de combustibles liquides.

La nouvelle installation de gaz de synthèse du CNRC permet également d'alimenter les bancs d'essai de combustion en hydrogène.



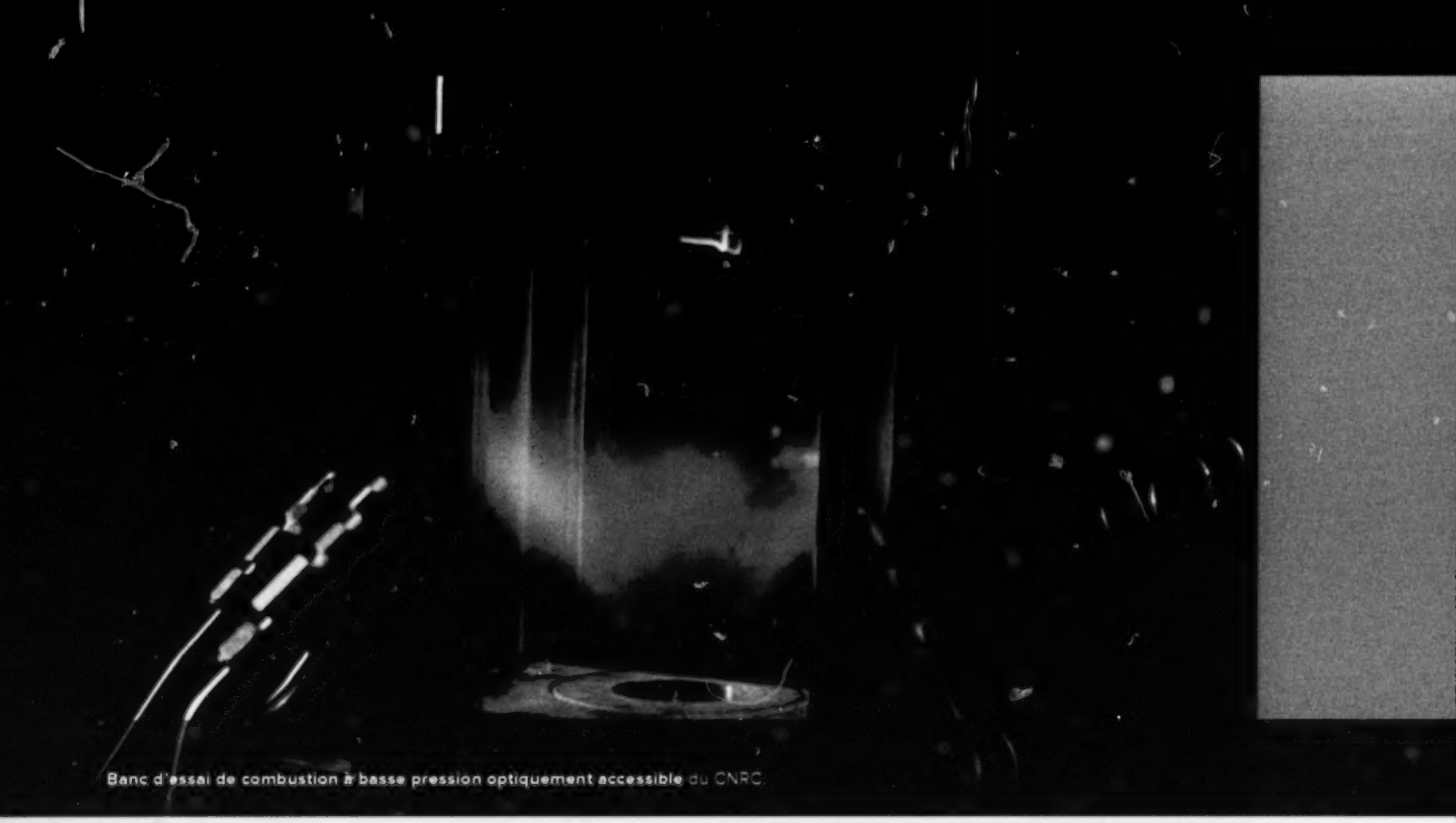
L'installation de pulvérisation à haute pression du CNRC fait passer des essais de rendement du pulvérisateur en passant de la pression atmosphérique à une pression de 2 068 kPa (300 lb/po²).

Bancs d'essai (BE) de combustion à haute pression

	Capacité maximale					
	Débit d'air	Pression d'air absolue	Température de l'air du banc	Gaz naturel	Carburants liquides (Jet A-1, diesel et autres)	Instruments
BE 1	21,5 kg/s (47,5 lb/s)	2 170 kPa (315 lb/po²)	922 K (650 °C) (1 200 °F)	0,68 kg/s (1,5 lb/s)	0,77 kg/s (1,7 lb/s)	Sondes de pression, thermocouples, extensomètres, mesureur de bruit, débitmètres, analyseurs d'émissions
BE 2	24 kg/s (53 lb/s)	2 170 kPa (315 lb/po²)	922 K (650 °C) (1 200 °F)	0,68 kg/s (1,5 lb/s)	1,36 kg/s (3,0 lb/s)	Sondes de pression, thermocouples, extensomètres, mesureur de bruit, débitmètres, analyseurs d'émissions
BE 3	6,4 kg/s (14 lb/s)	1 930 kPa (280 lb/po²)	922 K (650 °C) (1 200 °F)	0,34 kg/s (0,75 lb/s)	0,25 kg/s (0,57 lb/s)	Sondes de pression, thermocouples, extensomètres, mesureur de bruit, débitmètres, analyseurs d'émissions

Installations spéciales d'essai de pulvérisation

	Capacité					
	Débit de carburant	Pression absolue du banc d'essai	Débit d'air	Température du carburant	Carburants	Instruments
Installation de pulvérisation à haute pression	205 kg/h (452 lb/h)	2 068 kPa (300 lb/po²)	4,5 kg/s (10 lb/s)	Ambiante	Mil-C (carburant d'étalonnage de la buse)	Diagnostics optiques non intrusifs (PDPA, Malvern, PLIF, PIV, etc.)
Installation de pulvérisation à pression atmosphérique	68 kg/h (150 lb/h)	Ambient	0,23 kg/s (0,5 lb/s)	Ambiante	Mil-C (carburant d'étalonnage de la buse)	Sondes des caractéristiques physiques
Installation de pulvérisation à jet unique optiquement accessible	68 kg/h (150 lb/h)	1 034 kPa (150 lb/po²)	0,14 kg/s (0,3 lb/s)	588 K (315 °C) (599 °F)	Jet-A, diesel et biocarburants	



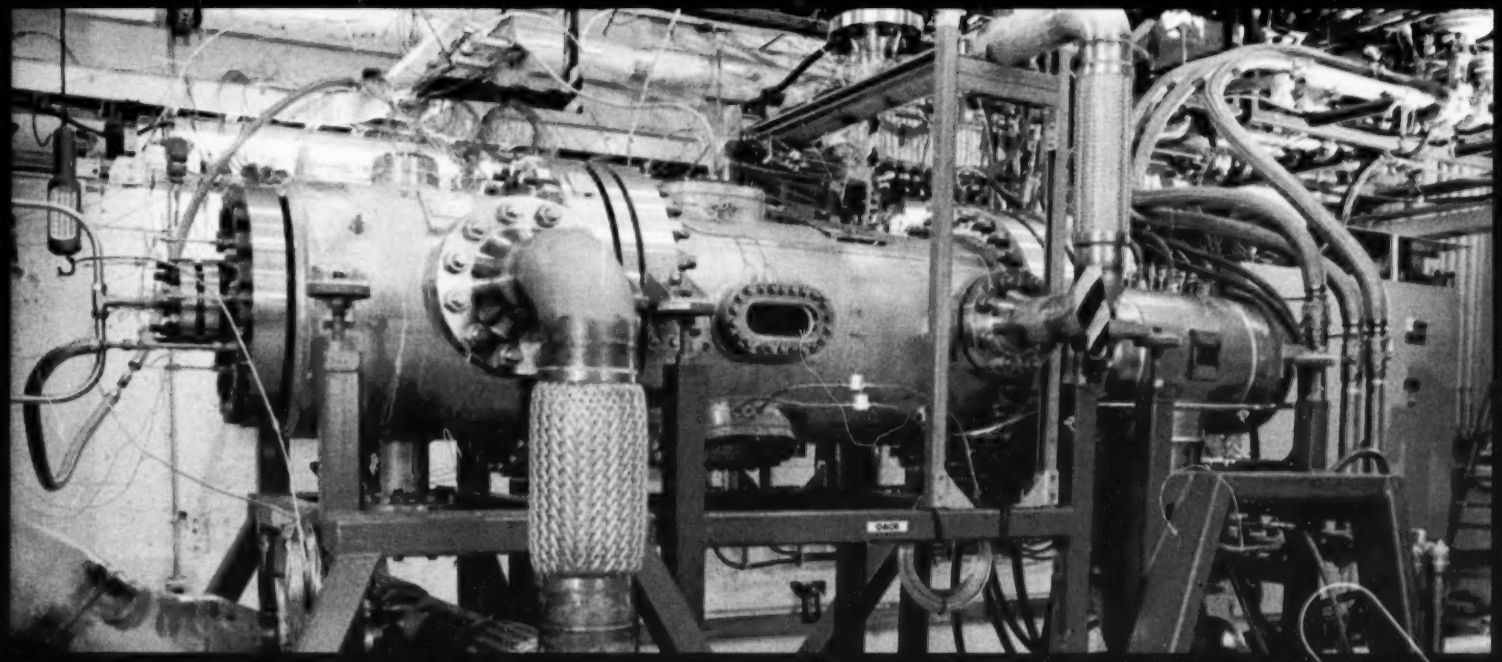
Banc d'essai de combustion à basse pression optiquement accessible du CNRC

Combustion, carburants et émissions

Banc d'essai de combustion à basse pression optiquement accessible

Le banc d'essai de combustion à basse pression optiquement accessible est une installation tout spécialement conçue pour appuyer les projets de combustion à niveaux peu élevés de préparation technologique de manière à optimiser et à valider les idées et les concepts novateurs avant de les transférer aux essais à plus hautes pressions. Le banc d'essai de combustion offre un accès optique à quatre voies pour établir des diagnostics laser grâce à ses fenêtres optiques en verre de quartz de 4 po x 6 po. Divers paramètres de performances, comme les émissions, les limites de soufflage avec mélange pauvre et les boucles d'allumage, peuvent être évalués lors de la combustion de carburants gazeux et liquides, dont des carburants synthétiques et des biocarburants. Des diagnostics laser de pointe faits par analyseur de particules à déphasage Doppler, par vélocimétrie à imagerie de particules, par fluorescence planaire induite par laser et par traçage d'hydroxyde et de monoxyde de carbone à la chimiluminescence, permettent de mesurer avec précision les structures d'écoulement et les espèces chimiques ainsi que d'analyser les gaz des émissions.

Capacité		
Débit d'air	Pression d'air	Débit de NG
18 lb/min	120 lb	2 lb/min

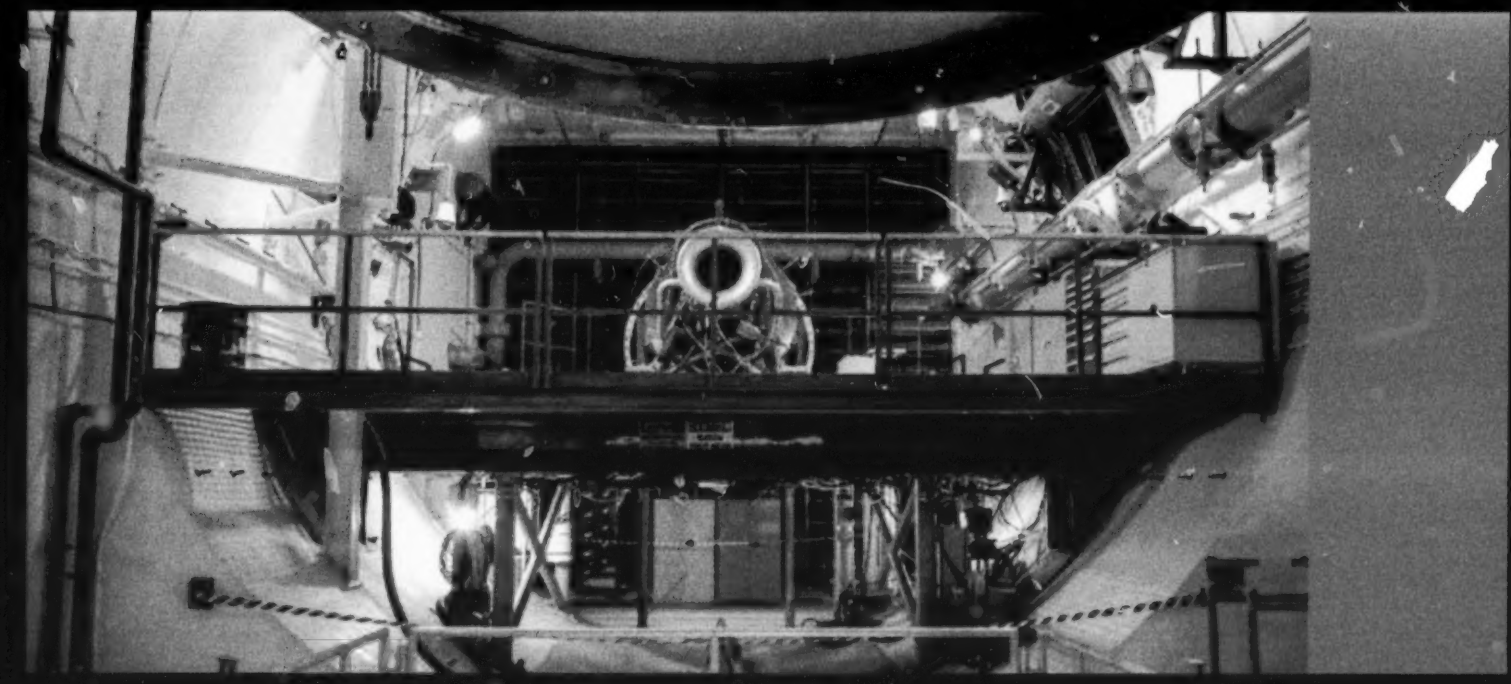


Le **banc d'essai de combustion optiquement accessible** est une plate-forme de développement technologique et de démonstration pour des chambres de combustion de conception avancée, ainsi qu'une installation de recherche pour étudier les caractéristiques de combustion dans des conditions réalistes sous haute pression.

Banc d'essai de combustion optiquement accessible

Le banc d'essai de combustion à haute pression optiquement accessible peut recevoir du matériel de combustion mesurant jusqu'à 45 cm (18 po) de diamètre et 120 cm (47 po) de longueur. Ce banc d'essai offre également un accès optique à cinq voies lui permettant de s'adapter à tout diagnostic laser de pointe de la combustion et du carburant.

	Capacité			
	Débit d'air	Pression absolue du banc	Température de l'air	Carburants
Air principal	14,5 kg/s (32 lb/s)	2 068 kPa (300 lb/po²)	922 K (650 °C) (1 200 °F)	Conçu pour divers carburants liquides et gazeux
Air de refroidissement	6,6 kg/s (14 lb/s)	2 068 kPa (300 lb/po²)	Ambiante	



Le CNRC exploite plusieurs **cellules d'essai des moteurs** pour mettre à l'essai et certifier les turbines à gaz.

Performance et exploitabilité des moteurs

Le CNRC offre de nombreux bancs d'essai de moteurs à turbine à gaz afin d'appuyer les essais de performances, d'opérabilité et de certification des moteurs, notamment dans les cas de givrage, d'ingestion d'oiseaux et de pertes d'aubes, de certification de carburant de remplacement et d'essais d'autonomie.

Les bancs d'essai de moteurs du CNRC sont équipés pour effectuer :

- des essais d'autonomie et cycliques
- des essais de régulation automatique à pleine autorité redondante et de logique de commande
- des essais thermomécaniques
- des essais d'ingestion de sable, de cendres volcaniques et d'oiseaux
- des essais en altitude et d'assiette moyenne
- des essais d'opérabilité
- des essais dans des conditions de givrage et de certification
- des essais de perte d'aubes
- des essais de carburants de remplacement et de certification

	BE 1	BE 2	BE 4	BE 5
Type de moteur	Turbomoteur/ réacteur	Turbomoteur/ réacteur	Turboréacteur à double flux/ réacteur	Turboréacteur à double flux/ réacteur
Dimensions	4,6 m (15 pi) x 4,6 m (15 pi) x 10,7 m (35 pi)	4,6 m (15 pi) x 4,6 m (15 pi) x 10,7 m (35 pi)	7,6 m (25 pi) x 7,6 m (25 pi) x 22,9 m (75 pi)	4,6 m (15 pi) x 4,6 m (15 pi) x 22,9 m (75 pi)
Poussée/ puissance	4 000 HP sur l'arbre à 4 500 tr/min	9 000 HP sur l'arbre à 3 600 tr/min	222 kN (50 000 lb)	222 kN (50 000 lb)
Débit d'air	50 kg/s (110 lb/s)	50 kg/s (110 lb/s)	454 kg/s (1 000 lb/s)	227 kg/s (500 lb/s)
Air d'entrée	Chauffé à 32 °C (90 °F) à 9,1 kg/s (20 lb/s)	Température ambiante	Température ambiante avec tunnel de givrage	Température ambiante avec tunnel de givrage
Conception et mise en corrélation	SAE AIR 4989, SAE ARP 4755		SAE AIR 4869, SAE ARP 741	

- Capacité de mesure des émissions (gazeuses et matières particulaires) pour tous les bancs d'essai.
- 1 000+ canaux DAS et DAS dynamique à haute vitesse à la fine pointe de la technologie dans toutes les cellules d'essai.
- Carburants classiques et de remplacement (y compris des biocarburants) à un débit pouvant atteindre 32 500 kg/h (71 500 lb/h)
- 3 réservoirs de carburant en service et 4 réservoirs d'entreposage offrant une capacité de 40 000 litres (10 567 gallons américains)
- Autres capacités : thermographie infrarouge, sondes de détection de particules (sable, cendres volcaniques, etc.), banc d'essai de simulation de tempête de grêle, canons à air comprimé pour mener des essais d'ingestion d'oiseaux et de grêlons, compresseurs et ventilateurs extracteurs ainsi que simulateur de débit de carburant moteur.

Le CNRC possède plusieurs installations d'essai avec lesquelles il évalue le givrage des moteurs et des sondes en vue d'en attester la navigabilité.

Givrage des moteurs et des sondes

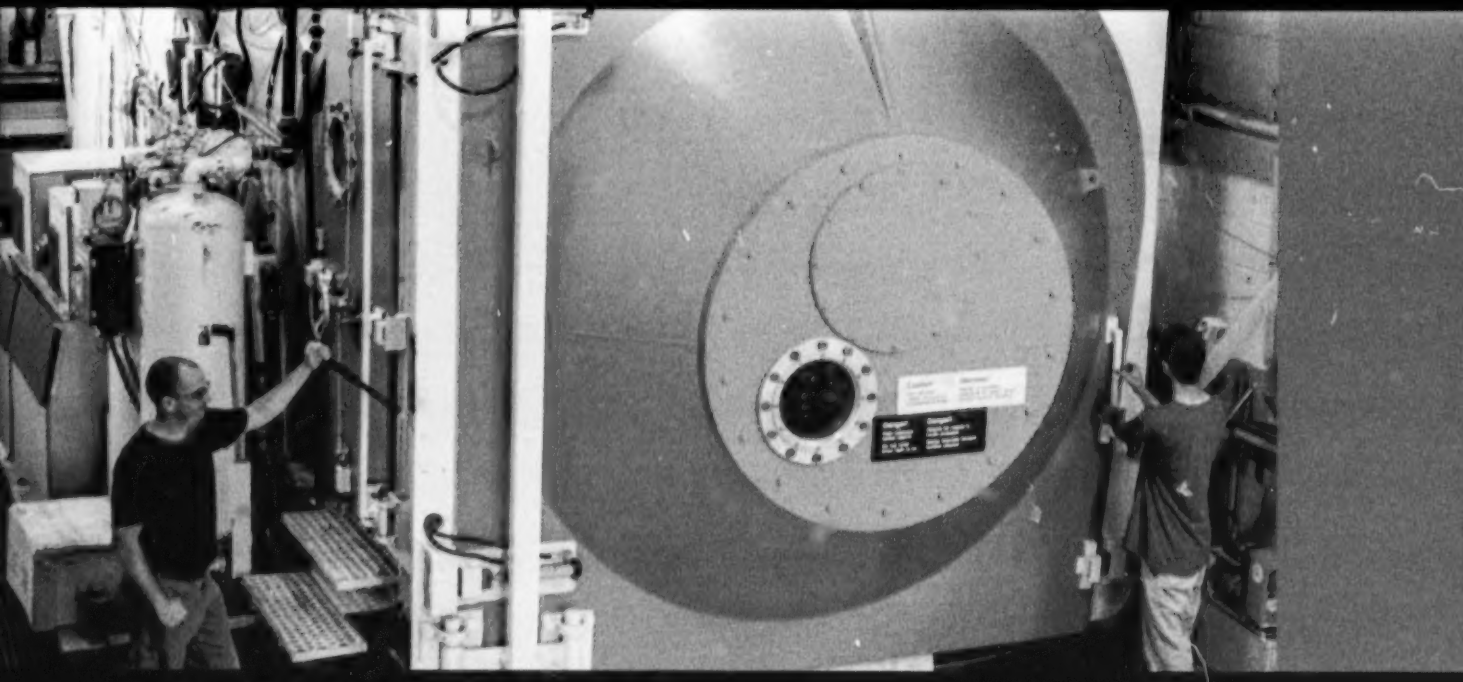
Le CNRC assure des services d'essai et d'analyse pour la certification de moteur dans des conditions de givrage, ainsi que de mise au point de dispositifs de détection et d'atténuation de givrage intégrés aux aéronefs et aux moteurs.

Depuis plus de 60 ans, le CNRC effectue des essais de givrage dans les bancs d'essai de moteurs de ses installations à Ottawa. La capacité actuelle des dispositifs de givrage du CNRC peut fournir une teneur en eau liquide (TEL) pouvant atteindre 4,0 g/m^3 et une répartition de diamètres volumétriques médians (DVM) de 15 à 45 micromètres. Ces installations se fient aux températures ambiantes pour produire les conditions voulues pendant les mois d'hiver, de décembre à mars, et effectuer des essais de givrage à moindre coût.

Les installations et les capacités de givrage du CNRC comprennent :

- la mise au point d'instruments spéciaux adaptés au givrage
- des techniques de mesure laser pour évaluer le diamètre des gouttelettes
- des techniques propres à l'ingestion de cristaux de neige et de glace
- l'ingestion de plaques de glace ou de grêlons (essais menés aux termes de la FAR 33.77)
- un simulateur de tempête de grêle
- une sonde isocinétique permettant de mesurer avec précision la teneur d'eau totale
- l'essai de certification de givrage mené aux termes de la FAR 33.68
- une grande installation d'essai de givrage

À titre de partenaire du Global Aerospace Centre for Icing and Environmental Research (GLACIER), le CNRC a mis au point et exploite actuellement le dispositif de givrage servant à la certification des gros réacteurs à double flux à Thompson (Manitoba), au Canada.



L'installation d'essai en altitude du CNRC peut évaluer les moteurs et les composants dans des conditions de fonctionnement en altitude simulées en brûlant divers carburants aviation.

Essai en altitute

Grâce à cette installation unique, le CNRC a pu mettre au point une capacité importante qui lui permet d'étudier la dégradation de l'efficacité des instruments (sondes de données aérodynamiques) et des performances des moteurs qui ont été exposés à des nuages de cristaux de glace. Son installation d'essai en altitude peut simuler une plage d'altitudes (jusqu'à 15 760 m ou 51 700 pi), de températures (de -58 °C à 48 °C), de nombres de Mach (de 0,15 à 0,8), d'humidités relatives (1 à 90%), et de conditions de cristaux de glace ayant une teneur d'eau d'au plus 20 g/m^3 et des diamètres volumétriques médians de cristaux de glace allant de 55 à 300 microns.

L'installation d'essai en altitude est équipée pour :

- la vérification de l'opérabilité en altitude
- des essais de redémarrage en altitude
- des essais d'ingestion de givrage et de cristaux de glace
- des essais de sondes de données aérodynamiques
- des essais de carburants de remplacement
- des essais de moteurs à piston
- des essais de groupes auxiliaires de bord, de turboréacteurs à double flux et de moteurs de drone
- l'utilisation d'instruments optiques de mesure du débit

Spécifications de l'installation d'essai en altitude

Débit maximal (air non réfrigéré et non séché)	11,2 kg/s (24,6 lb/s)
Altitude minimale (air réfrigéré et séché)	100 m (330 pi)
Altitude maximale	15 760 m (51 700 pi)
Température minimale au débit minimal de 0,23 kg/s (0,5 lb/s)	-43 °C (-45,4 °F)
Température minimale au débit maximal de 4,5 kg/s (10 lb/s)	-50 °C (-58 °F)
Air d'entrée chauffé à un débit pouvant atteindre 1,8 kg/s (4 lb/s)	+48 °C (+118 °F)

On utilise **l'analyse expérimentale et l'analyse computationnelle** en tandem pour atténuer les pertes au niveau des compresseurs et des turbines.

Aérodynamique des turbomachines

Le CNRC possède les capacités et l'infrastructure de recherche nécessaires à l'amélioration du rendement énergétique des moteurs à turbine à gaz par la mise au point de turbomachines (compresseur, turbines et conduits entre étages), des entrées d'air moteur et des systèmes d'échappement, ainsi que par l'essai et la validation du rendement des sondes moteur.

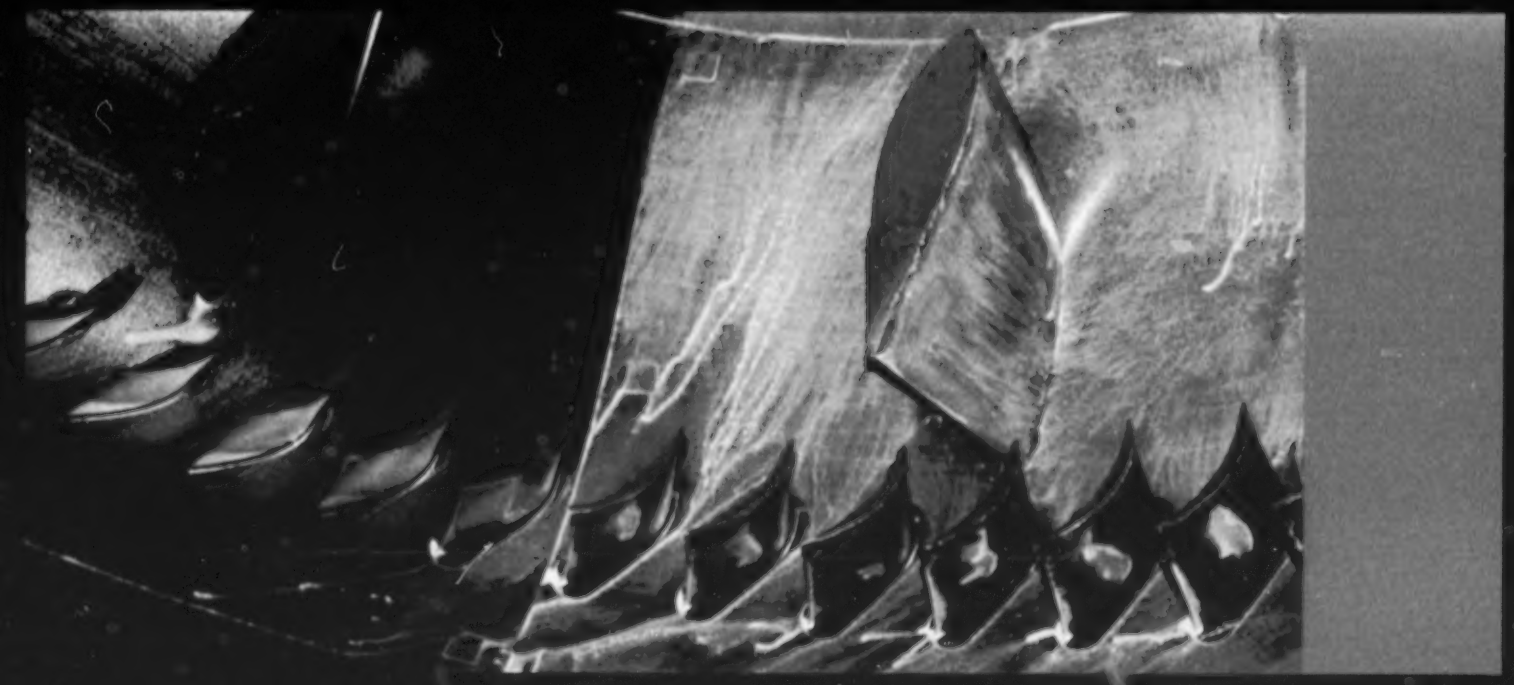
Grande cascade linéaire subsonique

L'installation d'essai subsonique consiste en une soufflerie à circuit ouvert muni d'un banc d'essai à cascade linéaire à incidence variable. Ce banc d'essai permet de vérifier le profil aérodynamique des turbines et des compresseurs, dans des conditions prévues à la conception ou non. L'écoulement d'air peut atteindre un débit maximal d'environ 5 kg/s à une hausse de pression totale d'environ 1,8 kPa. La soufflerie est en mesure d'assurer un souffle à vitesse constante de 3 m/s à 30 m/s à l'entrée de la cascade. La présence de grilles de turbulence permet d'accroître la valeur de base de l'intensité de la turbulence et de la faire passer de 0,3% à 5% en amont de la cascade. Le banc d'essai est aussi muni de mécanismes de déplacement de précision servant à effectuer des mesures détaillées en amont et en aval de la cascade.

La zone d'essai a une envergure de 20 cm et une corde de profil aérodynamique mesurant en général 7,5 cm dans une cascade à 9 pales.

Grande cascade linéaire transsonique

Le banc d'essai à cascade enregistre les données aérodynamiques et le transfert de la chaleur des aubes de turbine transsonique. Les aubes ont une envergure de 11,3 cm et une corde mesurant en général 17,5 cm dans une cascade à 6 pales. L'air est aspiré dans la cascade à un débit maximal de 5 kg/s. L'écoulement isentropique à la sortie peut varier entre 0,3 et 1,4 Mach. Les données obtenues comprennent la pression statique de surface, la contrainte de cisaillement quasipariétale, la pression flux force (résolution et moyenne temporelles), l'angle et la répartition de température totale.



Essais agressifs sur des conduites reliant des turbines dans l'installation **banc d'essai de turbine subsonique**

Aérodynamique des turbomachines

Banc d'étalonnage de sondes en régime bas subsonique

L'étalonnage des sondes manométriques et des sondes thermiques est effectué dans ce dispositif sous pression avant leur mise à l'essai à vitesses subsoniques. Le banc d'étalonnage comporte une soufflerie à circuit ouvert et à large zone de contraction axisymétrique ayant un rapport de contraction de 16/1. La soufflerie est en mesure de maintenir un écoulement dans la tuyère très stable, dans une plage de 1 m/s à 60 m/s, et ce, à une basse intensité de turbulence d'écoulement libre de 0,3%. Le banc permet de varier les angles d'inclinaison, de tangage et de lacet sans changer la position absolue du bout de la sonde. Le mécanisme de déplacement permet d'effectuer la rotation de la sonde selon des angles de tangage et de lacet de ± 70° et une exactitude évaluée à ± 0,01°.

Banc d'étalonnage de sondes en régime transsonique

L'installation aspirante à écoulement froid du CNRC, qui possède une grande section d'essai (175 cm²), peut assurer un écoulement uniforme entre des nombres de Mach d'écoulement libre de 0,15 et 1,2 Mach. Le banc d'essai peut fonctionner en régimes subsonique et transsonique avec de fortes tolérances aux blocages.

Autres capacités de mesure

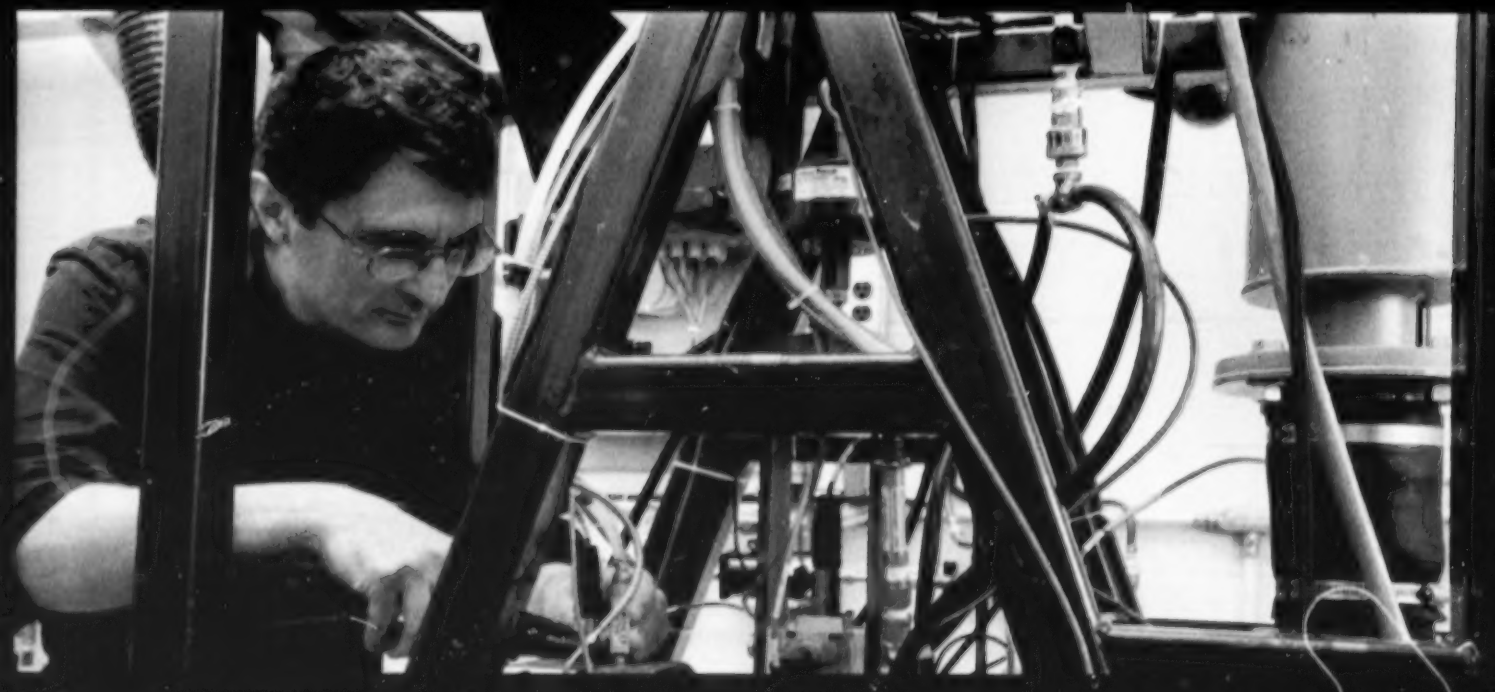
- Méthodes de mesures au moyen de sondes thermiques et de sondes manométriques à plusieurs trous
- Méthodes de mesure au moyen de fils chauds, de fils multiples et de pellicules de surface chaudes
- Techniques de visualisation strioscopique de l'écoulement
- Techniques de vélocimétrie par images de particules

Banc d'essai de turbine subsonique

Le banc d'essai de turbine axiale à écoulement froid en rotation simule les conditions aérodynamiques présentent dans un étage de turbine à basse pression, ce qui permet d'étudier des écoulements représentatifs de moteur. Le banc d'essai permet un large éventail de conditions d'écoulement et compte un étage de turbine entièrement modulaire avec géométries de stator et de rotor modifiables, ainsi qu'une section d'essai annulaire en aval avec des sections de corps et de moyeu modifiables. Une image de cette installation figure sur la page 2.

Tunnel co-annulaire subsonique à grande échelle

Cette installation subsonique à écoulement froid comprend une soufflerie co annulaire en circuit ouvert, un noyau entièrement isolé et des commandes d'écoulement de dérivation. La soufflerie produit des vitesses d'écoulement pouvant aller jusqu'à 60 m/s dans la dérivation et 100 m/s dans le noyau. Le diamètre de la prise d'air du noyau est de 8 po, le diamètre intérieur de la prise d'air annulaire de la dérivation est de 10 po et le diamètre extérieur est de 19 po. Cette installation peut être munie d'instruments de manière à combler tout besoin en matière d'acquisition de données.



Le **banc d'essai de paliers sans huile** sert à évaluer les caractéristiques des paliers dans un état stable ou dynamique.

Composants mécaniques

L'expertise du CNRC en matière de composants mécaniques aide les clients et les partenaires à prolonger la durée de vie de leur équipement mécanique et de leurs machines rotatives et à en optimiser le rendement, notamment à des vitesses de fonctionnement et sous des charges plus élevées, ainsi que dans des milieux d'exploitation dont les conditions sont plus rudes.

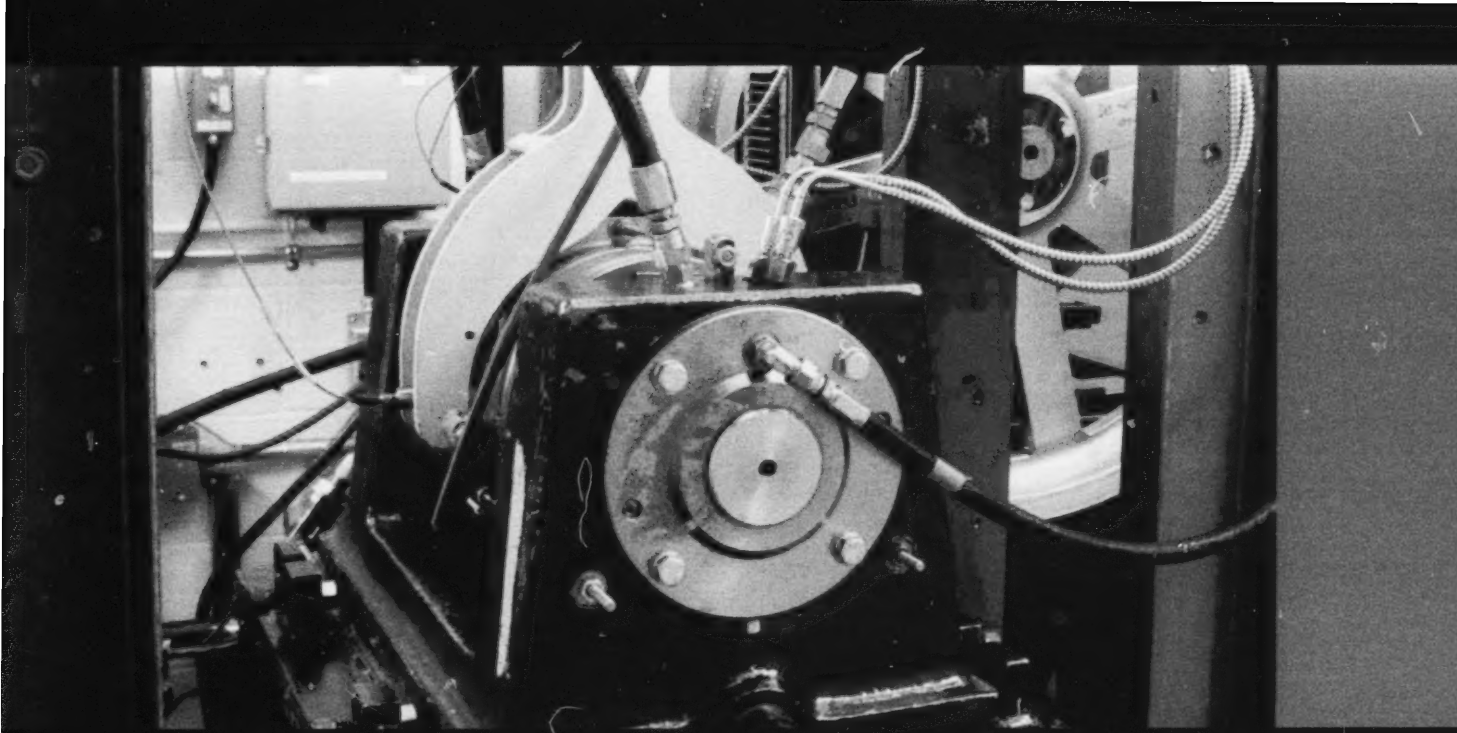
Les capacités de tribologie du CNRC comprennent :

- l'étude du rendement statique et dynamique de paliers radiaux, au moyen d'installations d'essai exceptionnelles et d'un modèle informatique de pointe des paliers lisses et des paliers à patins oscillants
- l'évaluation du rendement de paliers d'élément roulant à haute vitesse
- diagnostic, pronostic et gestion de l'état des paliers et des engrenages d'élément roulant
- des études expérimentales sur le rendement statique et dynamique de paliers à feuilles de dispositifs utilisant du gaz
- l'évaluation de matériaux pour joints abradables et joints à structure alvéolaire

Banc d'essai de joints abradables

Le banc d'essai du CNRC permet de simuler l'usure de fonctionnement à l'aide d'un disque à pales entraîné par une turbine à air. Les mouvements axiaux et radiaux du bâti de l'échantillon sont maîtrisés à l'aide d'un dispositif de pénétration sur deux axes; il est possible d'atteindre des taux de pénétration de 2,5 µm/s à 760 µm/s. La vitesse maximale à l'extrémité de pale peut atteindre 425 m/s.

Les vitesses de rotation et les taux de pénétration sont déterminés par les spécifications d'essai. La vitesse de rotation, le taux de pénétration, les forces de pénétration et la température de frottement sont enregistrés par un système d'acquisition de donnée. Après l'essai, l'érosion du joint et la perte de matériau des pales soumis aux essais sont mesurées et enregistrées. Les échantillons sont habituellement retournés au client qui peut pousser leur étude davantage dans ses installations.



Le **banc d'essai dynamique de paliers radiaux** permet d'évaluer les propriétés des paliers lisses hydrodynamiques dans un état stable ou dynamique.

Composants mécaniques

Banc d'essai de paliers d'élément roulant à haute vitesse

Ce banc d'essai offre un arbre en porte à faux à extrémité libre qui peut atteindre une vitesse de plus de 35 000 tr/min pendant que les paliers d'essai sont soumis à des charges radiales aussi élevées que 4,5 kN. Le banc d'essai est alimenté par un moteur hydraulique de 22 kW relié à un système de courroies et de poulies. La charge radiale est exercée par un système de poulie à câble suspendue qui est entraîné par un bélier hydraulique. Le palier soumis à l'essai est situé dans la partie en porte à faux de l'arbre et peut être lubrifié par gicleur ou sous le chemin de roulement.

Les vitesses de rotation, les charges et le débit d'huile peuvent être maintenus à des valeurs constantes ou variés selon les spécifications d'essai. Un système de télémétrie permet de mesurer la température du chemin de roulement intérieur du palier. La charge du palier, la température du chemin de roulement, la perte de puissance et l'accélération sont surveillées et enregistrées au moyen d'un système d'acquisition de données.

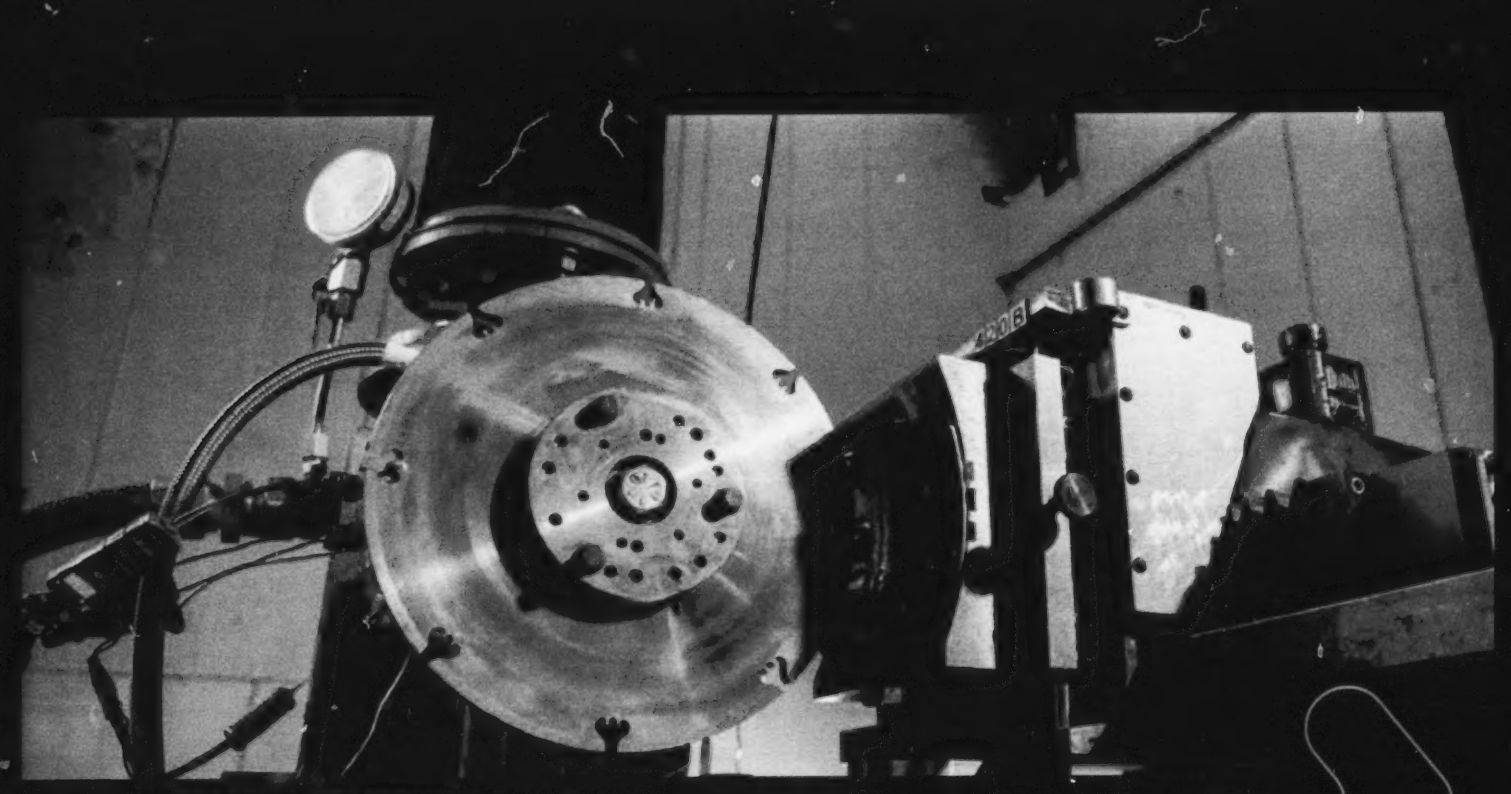
Banc d'essai dynamique de paliers radiaux

Cette installation comprend un arbre rotatif à extrémité libre et un corps de palier d'essai flottant, situé au milieu de l'arbre. Un moteur électrique à vitesse variable de 37 kW entraîne un système de poulie à câble et permet de faire tourner l'arbre à une vitesse maximale de 16 500 tr/min. Un système de poulie à câble à ressort isolant exerce une charge statique par commande hydraulique, tandis que deux tables de vibration électromagnétique orthogonales appliquent des charges dynamiques. Chaque table de vibration est reliée au corps de palier d'essai par un joint flexible afin de veiller à ce que le corps de palier d'essai ne subisse aucune contrainte dans des directions perpendiculaires à la force de vibration.

Les vitesses de rotation et les charges peuvent être maintenues à des valeurs constantes ou variées selon les spécifications d'essai. La charge, la position l'accélération, la perte de puissance et la température du métal du palier sont surveillées et enregistrées au moyen d'un système d'acquisition de données

Banc d'essai de paliers sans huile

Ce banc d'essai comprend un arbre à extrémité libre muni d'une surface d'essai de paliers de 0,2 m de longueur et 0,07 m de diamètre, pouvant fonctionner à une vitesse maximale de 60 000 tr/min. Le banc d'essai peut également servir à des essais de charge statique ou dynamique pouvant atteindre 3,5 kN. Les caractéristiques de fonctionnement des paliers mis à l'essai, comme la température, la force de frottement, la trajectoire orbitale de l'arbre et les vibrations, sont enregistrées au moyen d'un système d'acquisition des données à haute vitesse qui permet d'effectuer une analyse approfondie.



Le **banc d'essai de joints abradables** simule l'usure operationnelle en utilisant un disque a aubes et un coupon d'essai fixe a une table de mouvement.

L'installation sert à évaluer les paliers lubrifiés par air. Les vitesses de rotation et les charges (statique ou dynamique) peuvent être constantes ou variées selon les spécifications de l'essai. La charge, la position, l'accélération, la perte de puissance et la température du palier sont surveillées et enregistrées au moyen d'un système d'acquisition de données.

Banc d'essai statique de paliers radiaux

Ce banc d'essai comprend un arbre fixe monté sur des paliers radiaux à patins oscillants et un corps de palier d'essai flottant situé au milieu de l'arbre. Un moteur électrique à vitesse variable de 110 kW peut faire tourner l'arbre jusqu'à 16 000 tr/min. Un système de chargement hydrostatique élimine tout frottement entre les surfaces de contact, ce qui permet de transférer des charges élevées au palier d'essai et de toujours pouvoir mesurer les pertes par frottement dues à la rotation. Les vitesses de rotation, les charges et le débit d'huile peuvent être maintenus à des valeurs constantes ou variés selon les spécifications d'essai. La charge, la position, la perte de puissance et la température du métal du palier sont surveillées et enregistrées au moyen d'un système d'acquisition des données.

Banc d'essai de paliers de moteur de traction

Le banc d'essai du CNRC permet de mettre à l'essai un moteur de traction de pleine dimension dans les conditions de fonctionnement extrêmes d'un wagon. Il comprend un arbre fixe monté sur des paliers lisses. Des axes d'articulation à doubles joints flexibles relient quatre vérins hydrauliques au corps de palier et génèrent une capacité de charge radiale maximale de 182 kN. Cette charge est appliquée à un angle de 20° par rapport à la verticale. Un moteur électrique à vitesse variable de 110 kW permet de faire tourner l'arbre à une vitesse pouvant atteindre 600 tr/min.

Les vitesses de rotation et les charges sont habituellement maintenues à des valeurs constantes, et le rendement des paliers est évalué en fonction de la température de fonctionnement et de la perte de puissance. Les principaux paramètres sont surveillés et enregistrés au moyen d'un système d'acquisition des données.

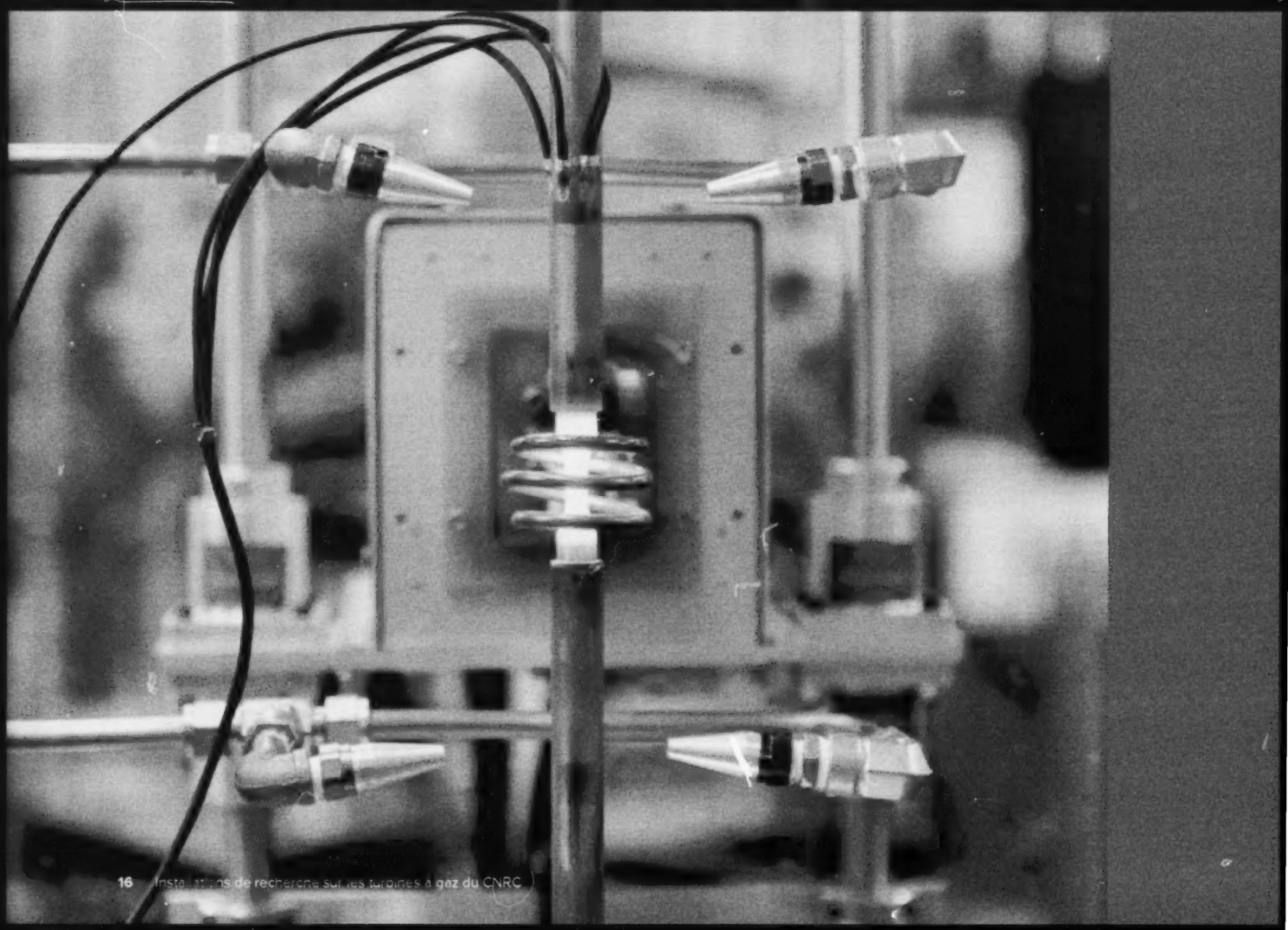
Performance des structures et des matériaux

Le CNRC propose une expertise unique et des installations de pointe complètes avec lesquelles il est possible de concevoir, d'évaluer et de certifier les pièces et les matériaux des moteurs contemporains, anciens ou reconditionnés.

La R D en génie des matériaux pour turbines à gaz poursuivie au CNRC porte principalement sur les problèmes associés à l'intégrité structurale, à la durabilité et à la fiabilité des composants situés dans les parties froides et chaudes du moteur. Le CNRC possède les connaissances et les installations requises pour élaborer, exécuter et évaluer des essais sur les matériaux qui vont du simple test statique sur coupon aux essais complexes de composants dans des conditions semblables à celles d'une vraie mission dans divers environnements. Parmi ses capacités dans le domaine de l'évaluation des matériaux, mentionnons l'attestation de navigabilité des nouveaux matériaux, la validation des processus, les technologies de prolongation de la vie utile et les méthodes émergentes reposant sur la gestion du cycle de vie des moteurs et de leurs pièces.

Son personnel, composé de professionnels chevronnés, a la réputation de surpasser les attentes de la clientèle en ce qui concerne la qualité des résultats. La force du CNRC réside dans son intime connaissance des multiples techniques d'essai et méthodes d'analyse, ainsi que dans la manière dont il rehausse l'expérience vécue par ses clients lors des essais, afin qu'ils en retirent une valeur exceptionnelle.

Le **banc d'essai de fatigue mégacyclique aux ultrasons** sert à vérifier la résistance des matériaux à la fatigue à la fréquence de 20 kHz.

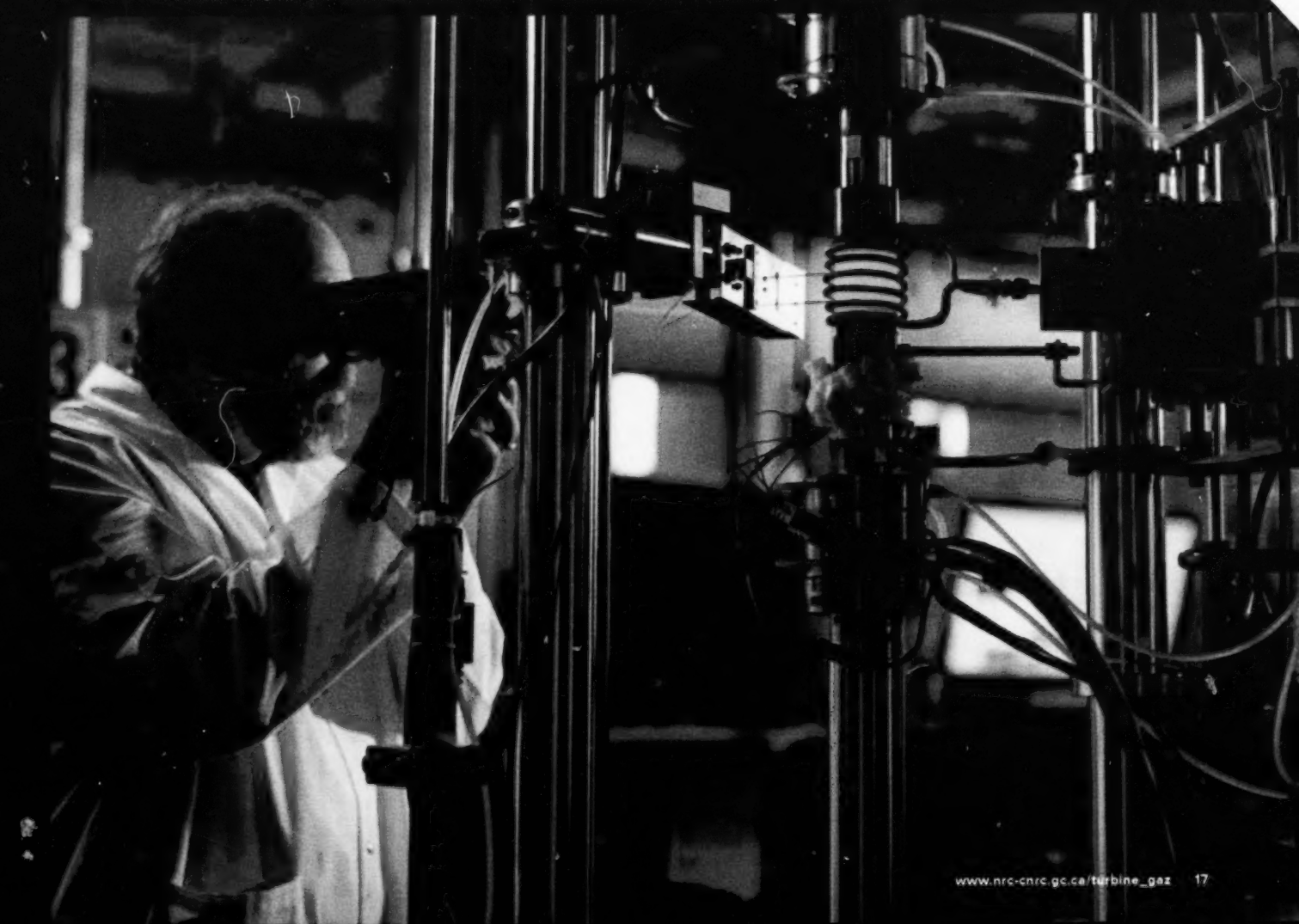


Principales installations et capacités

Installation d'essais mécaniques sur la fatigue et la fracture des matériaux à haute température. On y simule les conditions d'utilisation, les forces statiques ou cycliques et les températures typiques à celles d'une turbine à gaz.

- Température : jusqu'à 1 700 °C (résistance) ou 2 000 °C (induction)
- Force : jusqu'à 250 kN (56,2 kips)
- Environnements : air, gaz inerte ou vide prononcé
- Compétences : fatigue thermomécanique, fluage, fatigue et taux d'expansion des fissures dues à la fatigue au moyen de méthodes de contrôle reposant sur les différences potentielles et la conformité
- Vérification de la fatigue aux ultrasons à température et à fréquence élevées (20 000 Hz, >1 000 °C) avec une charge moyenne
- Fatigue multiaxiale et fatigue par usure de contact des sous-éléments d'une turbine

Les **essais sur la fatigue thermomécanique** servent à préciser le comportement des matériaux dont sont fabriquées les pièces des turbines à gaz et des moteurs à réaction soumis à des fluctuations de température et à des charges cycliques.



Structures and materials performance

Traitement des matériaux et des composants

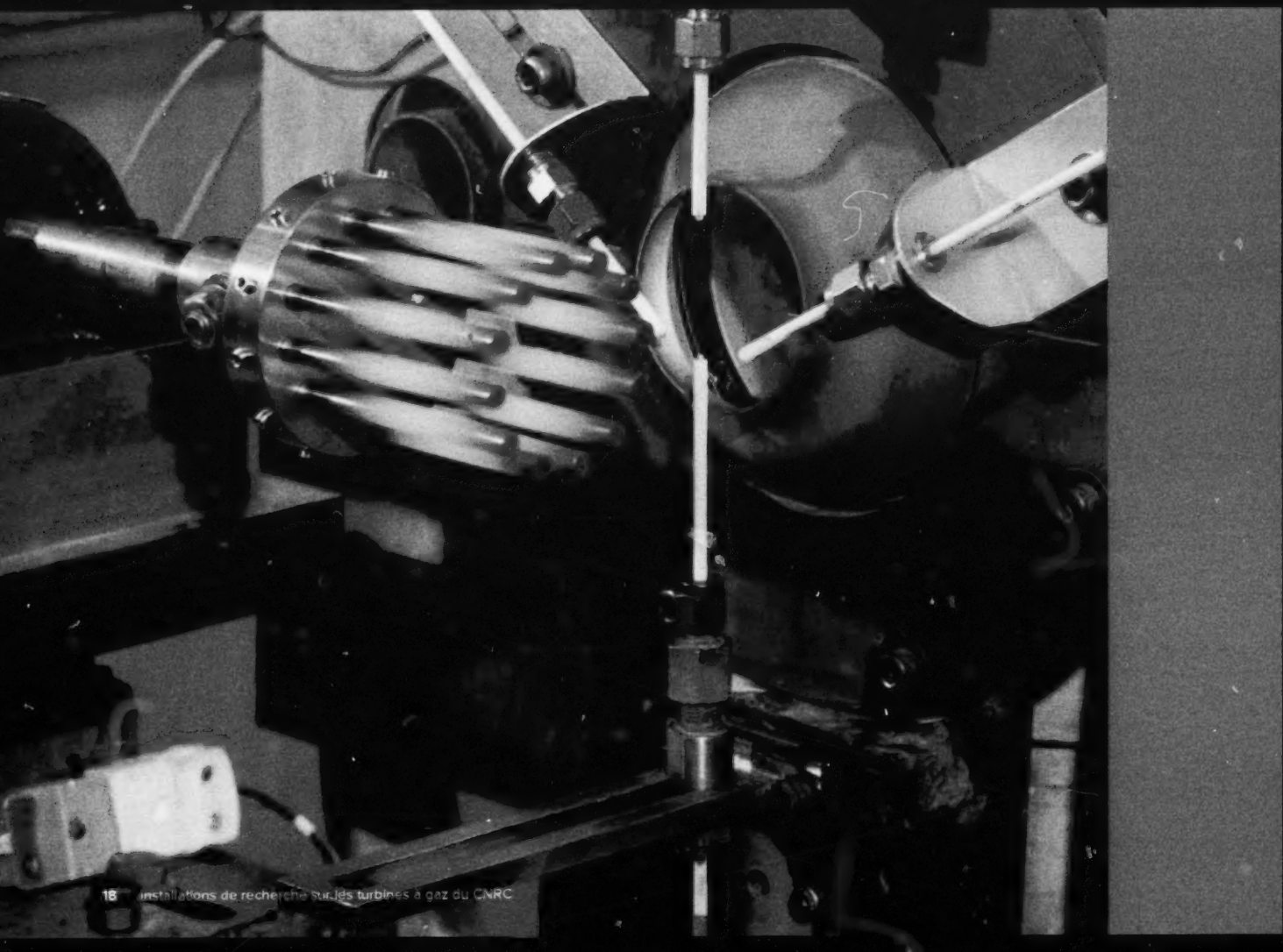
- **Compression isostatique à chaud (HIPing) :** jusqu'à 2 000 °C (3 632 °F) et 200 MPa (29 ksi) sur une aire de travail de 26 cm (10,2 po) de longueur par 12 cm (4,7 po) de diamètre pour le conditionnement, le rajeunissement et la réfection des matériaux et des composants.
- **Traitement thermique sous vide :** jusqu'à 2 000 °C (3 632 °F) et 1,33 x 10^{-3} Pa (10^{-5} Torr) sur une aire de travail de 0,3 m x 0,3 m x 0,3 m (11,8 po x 11,8 po x 11,8 po) pour le frittage, le brasage et le traitement thermique des matériaux et des composants, avec possibilité de trempe au gaz; fours pour le traitement thermique dans des atmosphères variées

Systèmes d'essais environnementaux

Bancs d'essai de combustion à haute vitesse : simulation de l'environnement des gaz chauds à une vitesse élevée typique à celle des turbines à gaz

- Température : jusqu'à 1 600 °C (2 912 °F)
- Vélocité des gaz : jusqu'à Mach 0,8
- Carburants : carburant de turbomoteur et carburant diésel marin
  - Compétences : oxydation cyclique — possibilité de refroidissement externe et interne à haute vitesse
  - Corrosion à chaud — possibilité d'ajouter des contaminants au carburant ou à l'air de combustion
  - Érosion — des particules solides peuvent être ajoutées aux gaz de combustion

Le **banc d'essai de combustion à haute vitesse** permet de caractériser la résistance des matériaux métalliques et des revêtements protecteurs des turbines à l'oxydation, à l'érosion ou à la corrosion à chaud.



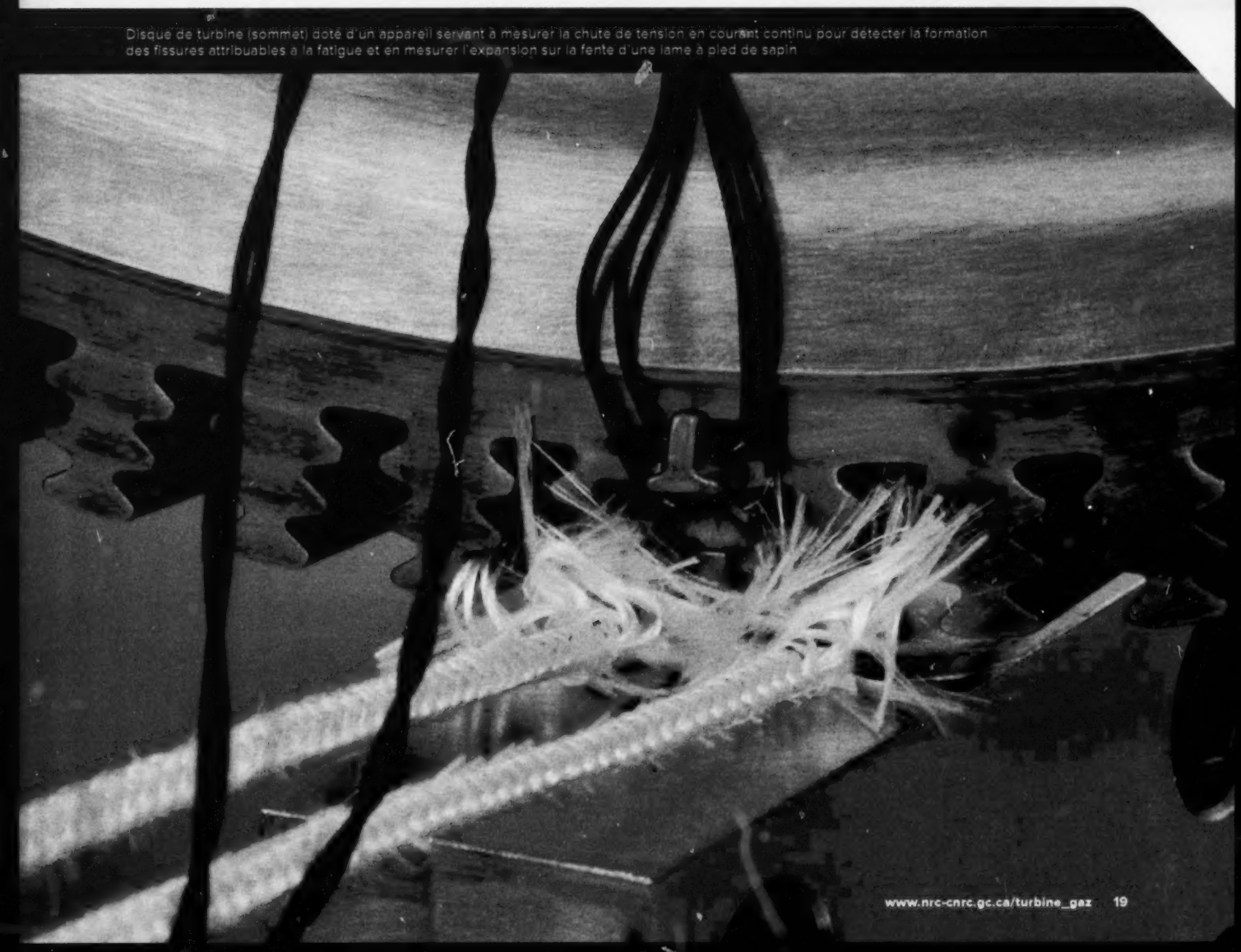
Le banc d'essai tournant sert à valider, par expérimentation, la vie utile prescrite des pièces tournantes essentielles dans les turbines à gaz.

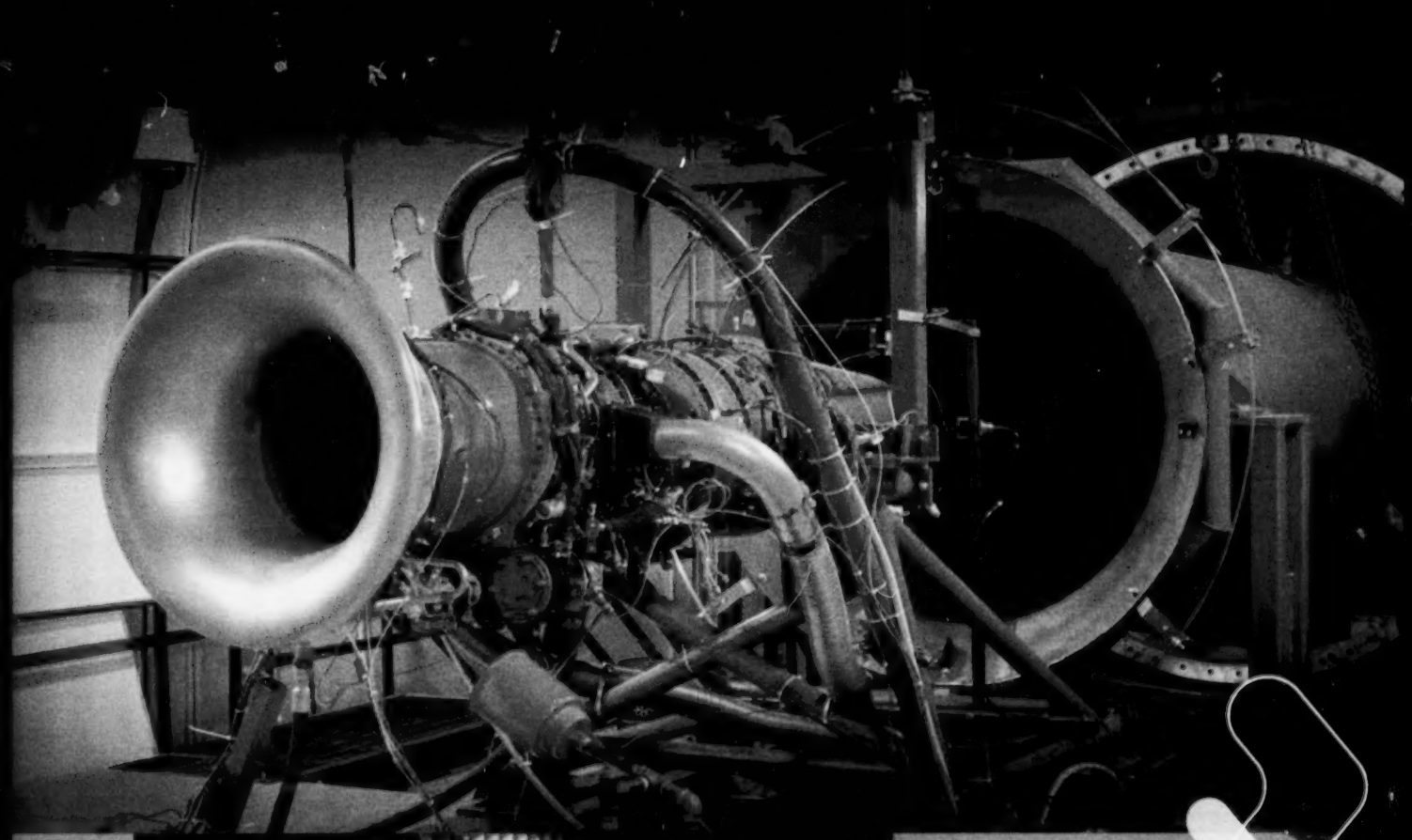
- Dimensions de la fosse : 1,2 m (48 po) de profondeur × 1,2 m (48 po) de diamètre
- Plage de températures : de la température ambiante à 800 °C (1 472 °F)
- Vitesse de rotation : jusqu'à 100 000 tr/min
- Compétences : examen non destructif des composants par des inspecteurs de niveau II et par conception d'expériences

Analyse de la microstructure

- Équipement standard de métallographie et de microscopie optique avec analyseur d'images Clemex Vision
- Deux microscopes électroniques à balayage (MEB) : MEB XL 30 SFEG de Philips et interface avec un système Pegasus – TEAM intégrant la spectroscopie à dispersion d'énergie (Apollo X) et la diffraction des électrons rétrodiffusés à la détection des éléments légers. Ce système est une installation de pointe en caractérisation des matériaux qui permet d'établir à la fois la composition des éléments et la structure cristalline. Elle autorise l'application de diverses techniques de caractérisation comme l'analyse élémentaire ponctuelle, linéaire ou cartographiée, l'analyse par identification des phases, l'analyse de la microtexture, l'analyse de la structure des joints de grain et la détection des éléments légers.

Disque de turbine (sommet) doté d'un appareil servant à mesurer la chute de tension en courant continu pour détecter la formation des fissures attribuables à la fatigue et en mesurer l'expansion sur la fente d'une lame à pied de sapin





Stimuler les nouvelles technologies des turbines à gaz

Le CNRC a accès à d'importantes ressources qui lui permettent d'explorer des approches novatrices pour l'élaboration de produits et de procédés qui transformeront la recherche et le développement technologiques. Il offre à ses clients un avantage concurrentiel unique en assurant le lien avec des experts du réseau du CNRC qui travaillent dans un large éventail de disciplines :

- des biologistes experts en biologie marine pour élaborer des biocarburants algaux.
- des ingénieurs chimistes spécialistes en technologie des accumulateurs pour mettre au point des piles à combustible pour les aéronefs.
- des scientifiques possédant une expertise de la gravure ultrarapide au laser des réseaux de Bragg sur fibres optiques pour développer des sondes au laser femtosecondes qui sont idéales pour la mise à l'essai dans des conditions difficiles, comme celles des turbines à gaz.

En favorisant l'échange de connaissances et d'idées entre les experts de diverses disciplines, le CNRC réalise des progrès technologiques rapides et rentables dans des domaines nouveaux et stimulants. Aucune autre organisation individuelle au Canada ne peut offrir un accès coordonné par l'industrie avec un tel niveau de collaboration et une infrastructure de recherche d'une telle envergure.

CONTACT

Eric Lefebvre
Conseiller en affaires
Tél. : 1-613-949-7548
Eric.Lefebvre@nrc-cnrc.gc.ca
www.cnrc-nrc.gc.ca/aerospatiale

NR16-137/2018F-PDF
ISBN 978-0-660-26362-5 PDF
ISBN 978-0-660-26363-2 PAPIER

Août 2018
English version available